

## 明 細 書

### 無線通信装置

### 技術分野

- [0001] 本発明は、周波数ホッピングする無線信号を周波数変換して受信処理する無線通信装置に係り、特に、所定のバンド間隔で中心周波数をホッピングするマルチバンドOFDM信号を周波数変換して受信処理する無線通信装置に関する。
- [0002] さらに詳しくは、本発明は、広帯域での周波数切り替えを行なうマルチバンドOFDM\_UWB信号を周波数変換して受信処理する無線通信装置に係り、特に、マルチバンドOFDM\_UWB通信方式において、受信信号をダイレクト・コンバージョンにより周波数変換する際における自己ミキシングの問題を解消する無線通信装置に関する。

### 背景技術

- [0003] 無線ネットワークに関する標準的な規格として、IEEE(The Institute of Electrical and Electronics Engineers)802.11や、HiperLAN/2、IEEE802.15.3などを挙げることができる。
- [0004] また、近年では、「ウルトラワイドバンド(UWB)通信」と呼ばれる、非常に広い周波数帯域でキャリアを使用せず1ナノ秒以下の超短パルス波に情報を載せて無線通信を行なう方式が、近距離超高速伝送を実現する無線通信システムとして注目され、その実用化が期待されている(例えば、非特許文献1を参照のこと)。現在、IEEE802.15.3などにおいて、ウルトラワイドバンド通信のアクセス制御方式として、プリアンブルを含んだパケット構造のデータ伝送方式が考案されている。
- [0005] 将来、UWBに代表される近距離通信のWPAN(Wireless Personal Access Network)はあらゆる家電品やCE(Consumer Electronics)機器に搭載されることが予想され、100Mbps超のCE機器間のP-to-P伝送や家庭内ネットワークの実現が期待されている。ミリ波帯の利用が普及した場合には1Gbps超の短距離無線も可能となり、ストレージ・デバイスなどを含む超高速な近距離用のDAN(Device Area Network)も実現可能となる。

- [0006] また、室内で無線ネットワークを構築した場合、受信装置では直接波と複数の反射波・遅延波の重ね合わせを受信するというマルチパス環境が形成される。マルチパスにより遅延ひずみ(又は、周波数選択性フェージング)が生じ、通信に誤りが引き起こされる。そして、遅延ひずみに起因するシンボル間干渉が生じる。
- [0007] 主な遅延ひずみ対策として、マルチキャリア(多重搬送波)伝送方式を挙げることができる。マルチキャリア伝送方式では、送信データを周波数の異なる複数のキャリアに分配して伝送するので、各キャリアの帯域が狭帯域となり、周波数選択性フェージングの影響を受け難くなる。
- [0008] 例えば、マルチキャリア伝送方式の1つであるOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing:直交周波数分割多重)方式では、各キャリアがシンボル区間内で相互に直交するように各キャリアの周波数が設定されている。情報伝送時には、シリアルで送られてきた情報を情報伝送レートより遅いシンボル周期毎にシリアル／パラレル変換して出力される複数のデータを各キャリアに割り当ててキャリア毎に振幅及び位相の変調を行ない、その複数キャリアについて逆FFTを行なうことで周波数軸での各キャリアの直交性を保持したまま時間軸の信号に変換して送信する。また、受信時はこの逆の操作、すなわちFFTを行なって時間軸の信号を周波数軸の信号に変換して各キャリアについてそれぞれの変調方式に対応した復調を行ない、パラレル／シリアル変換して元のシリアル信号で送られた情報を再生する。
- [0009] OFDM変調方式は、例えばIEEE802. 11a/gにおいて無線LANの標準規格として採用されている。また、IEEE802. 15. 3においても、DSの情報信号の拡散速度を極限まで高くしたDS-UWB方式や、数100ピコ秒程度の非常に短い周期のインパルス信号列を用いて情報信号を構成して送受信を行なうインパルス-UWB方式以外に、OFDM変調方式を採用したUWB通信方式についての標準化が進められている。例えば、3. 1～4. 8GHzの周波数帯をそれぞれ528MHz幅からなる複数のサブバンドを周波数ホッピング(FH)し、各周波数帯が128ポイントからなるIFFT/FFTを用いたマルチバンドOFDM-UWB変調が検討されている(例えば、非特許文献2を参照のこと)。
- [0010] ここで、直接拡散(DS)や周波数ホッピング(FH)は、通信チャネル毎に異なる拡散

符号を割当てて多元接続を行なうスペクトラム拡散方式であり、情報信号に比べて非常に広い周波数帯域幅を通信に用いる。この方法では、OFDMなどの1次変調と、拡散による2次変調を行なう。

- [0011] 図7には、マルチバンドOFDM\_UWB通信方式において規定されている周波数割り当てを示している。同図に示すように、中心周波数をそれぞれ3432MHz、3960MHz、4488MHzとするバンド#1～#3からなるグループ1と、中心周波数をそれぞれ5016MHz、5548MHz、6072MHzとするバンド#4～バンド#6からなるグループ2と、中心周波数をそれぞれ6600MHz、7128MHz、7656MHzとするバンド#7～#9からなるグループ3と、中心周波数をそれぞれ8184MHz、8712MHz、9240MHzとするバンド#10～#12からなるグループ4と、中心周波数をそれぞれ9768MHz並びに10296MHzとするバンド#13～#14からなるグループ5とで構成される。このうち、グループ1の3バンドを用いることが義務化(mandatory)されているとともに、それ以外のグループや帯域は将来の拡張のために用意されている。
- [0012] 図8には、マルチバンドOFDMシステムに用いられる受信機の構成例を示している(例えば、非特許文献6を参照のこと)。図示の受信機は、受信信号の周波数変換にダイレクト・コンバージョン(Direct Conversion)構成が採られている。ダイレクト・コンバージョン方式では、中間周波数(IF)段を削除し、アンテナで受信した信号を増幅し、ローカル周波数と乗算することによりベースバンド信号に直接周波数変換を行なう。ダイレクト・コンバージョン方式によれば、受信機の広帯域化が容易となり、受信機の構成の柔軟性が増す。
- [0013] 図8に示す例では、RF信号の中心周波数と同一周波数のローカル(LO)信号 $\cos(2\pi f_c)$ 及び $\sin(2\pi f_c)$ がI軸及びQ軸の各受信信号の周波数変換に用いられている。周波数変換した後は、ローパス・フィルタ(LPF)により低域を取り出し、VGA(Variable Gain Amplifier)により増幅し、AD変換してさらにFFTにより時間軸の信号を周波数軸の信号に変換し各キャリアについて復調を行ない、元のシリアル信号で送られた情報を再生する。
- [0014] 図8に示すようなダイレクト・コンバージョン受信機では、例えば図7に示すグループ1の帯域を使用する場合には、RF信号の中心周波数と同一周波数である3432MHz

z、3960MHz、4488MHzの3つの周波数がローカル信号として必要になる。

- [0015] ダイレクト・コンバージョン方式を採用することにより、IFフィルタを用いないため受信機の広帯域化が容易となり、受信機の構成の柔軟性が増す。しかしながら、ダイレクト・コンバージョン方式においては、受信周波数とローカル周波数が等しくなるため、ローカル信号の自己ミキシング (LO self mixing) により直流成分すなわちDCオフセット (DC offset) が発生するという問題が指摘されている (例えば、非特許文献3を参照のこと)。
- [0016] ローカル信号の自己ミキシングは、図9に示すように、受信機本体からアンテナに向かって漏れ出したローカル信号の一部がアンテナで反射して再び受信機に戻り、ミキサにおいてローカル信号自身と乗算されることによって生じる。あるいは、ローカル信号の一部がアンテナを通じて外部に放出された後、その反射波がアンテナで受信されてローカル信号とミキシングされることもある。
- [0017] 例えば、図9のローカル信号の振幅が0.5V、低雑音アンプ (LNA) とミキサの合計利得が30dB、ローカル信号の漏れがアンテナで反射して図中のA点に戻るまでに-70dB減衰していると仮定して、ミキサの出力のDCオフセットを求めると、2.5mVになる。一方、希望波の信号レベルは最小で-74dBm程度であるから、ミキサの出力では-44dBm = 1.4mVrmsである。このようにDCオフセットは希望波の信号レベルよりも大きくなることが判る。
- [0018] 下式には、DCオフセットが生じる過程を記述している。 $\cos(\omega t)$  はローカル信号、 $\alpha$  と  $\phi$  はミキサに戻った反射波の振幅と位相を表している。同式の右辺の第1項がDCオフセットであり、第2項及び第3項は2倍の周波数成分である。DCオフセットは反射波の振幅と位相によって変化することが理解できよう。
- [0019] [数1]

$$\alpha \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi) \cdot \cos(\omega \cdot t) = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot (\cos(\phi) + \cos(\phi) \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t) - \sin(\phi) \cdot \sin(2 \cdot \omega \cdot t))$$

- [0020] マルチバンドOFDM通信システムでは周波数ホッピング (FH) を行なうので (前述)

、ローカル信号の周波数は周波数ホッピングの度に変化している。アンテナの反射係数も周波数によって異なるので、自己ミキシングによって生じるDCオフセットも周波数ホッピングに伴って変化してしまう。周波数ホッピングの頻度はOFDMシンボルレートと同じ3.2MHzなので、DCオフセットは図10に示すように $1/3.2\text{MHz} = 312.5$ ナノ秒の周期でステップ状に変化することになる。

- [0021] DCオフセットを除去するには、一般に、受信信号にローカル周波数を乗算するミキサの出力にキャパシタを直列に挿入する方法が行なわれる。この場合、図11に示すように、キャパシタCと回路インピーダンスRによって1次のハイパス・フィルタ(HPF)を構成し、周波数応答の遮断周波数は $1/(2\pi CR)$ 、ステップ応答の収束時間は $2\pi CR$ になる。
- [0022] マルチバンドOFDMシステムのサブキャリア周波数は4.125MHzであるので、ダイレクト・コンバージョン受信機では4.125MHzまでは通過させたいが、DCオフセットのステップ応答の収束時間はOFDMシンボルレートの $1/10$ 程度(およそ30ナノ秒)に抑えたい。しかし、遮断周波数を4.125MHzにすると、ステップ応答が収束する時間は図12に示すように242ナノ秒( $=1/4.125\text{MHz}$ )と大きくなり、OFDMシンボル内の大部分の時間がステップ応答を伴ってしまうという厄介な問題がある。遮断周波数を小さくすると、応答収束時間が長くなり、1シンボル内でDCオフセットがゼロに収まらず、次のシンボルに影響してしまう。
- [0023] ここで、時分割多重方式の無線システムの場合、自受信機に割り当てられたタイムスロット以外の時間にDCオフセットを検出して保持し、自受信機に割り当てられたタイムスロットでは、保持していたDCオフセットを差し引いて除去することが可能である。
- [0024] また、周波数分割多重方式の無線システムの場合、受信フレームのプリアンプルの期間にDCオフセットを検出して保持し、その他の期間に、保持していたDCオフセットを差し引いて除去することが可能である。
- [0025] 従来、周波数ホッピングをする無線システムとしてBluetooth通信が知られている。この場合、ペイロードの前に72ビットのアクセス・コードがあり、この先頭部分にDCオフセット検出用の4ビットのプリアンプルを有しているので(図13を参照のこと)、キャ

パシタの充放電時間を短縮するなどの付加回路によって時定数の切り替えを行なうことで、この比較的短いプリアンプル時間を利用してDCオフセットを除去することが可能である。

[0026] これに対し、マルチバンドOFDM通信システムでは1シンボル毎に周波数ホッピングが行なわれ、周波数切り替え時間はわずかに10ナノ秒未満であることから、この非常に短い切り替え時間内にDCオフセットを検出して除去しなければならないが、これは極めて困難である。すなわち、受信信号をダイレクト・コンバージョンにより周波数変換を行なう際のDCオフセットの問題は、マルチバンドOFDMシステムにおいて周波数ホッピングを行なう際に特に顕著であると言える。

[0027] 非特許文献1:日経エレクトロニクス2002年3月11日号「産声を上げる無線の革命児 Ultra Wideband」 P. 55-66

非特許文献2:IEEE802. 15. 3a TI Document<URL:http://grouper.ieee.org/groups/802/15/pub/2003/May03 ファイル名:03142r2P802-15\_TI-CFP-Docment. doc>

非特許文献3:Anuj Batra, "03267r1P802-15\_TG3a-Multi-band-OFDM-CFP-Presentation. ppt", pp. 17, July2003.

非特許文献4:Asad A. Abidi著"Direct-Conversion Radio Transceivers for DigitalCommunications"(IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 30, no. 12, pp. 1399-1410, 1995

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0028] 本発明の目的は、所定のバンド間隔で中心周波数をホッピングさせるマルチバンドOFDM信号を周波数変換して好適に受信処理することができる、優れた無線通信装置を提供することにある。

[0029] 本発明のさらなる目的は、広帯域での周波数切り替えを行なうマルチバンドOFDM\_UWB信号を周波数変換して好適に受信処理することができる、優れた無線通信装置を提供することにある。

[0030] 本発明のさらなる目的は、マルチバンドOFDM\_UWB通信方式において、受信

信号をダイレクト・コンバージョン方式で周波数変換する際における自己ミキシングによるDCオフセットの問題を解消することができる、優れた無線通信装置を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0031] 本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、複数の周波数帯を周波数ホッピングする通信信号を受信する無線通信装置であって、

受信した通信信号にホッピング周波数からなるローカル信号を乗算して周波数変換する周波数変換部と、

周波数ホッピングする各周波数帯に対応したキャパシタを並列的に配置し、周波数ホッピングに同期しながらキャパシタの接続切り替えを行ない、周波数変換後の受信信号に含まれるDCオフセットを除去するハイパス・フィルタ部と、

DCオフセット除去後の受信信号に対し、低域透過、増幅、デジタル変換、復調などの信号処理を行なう受信処理部と、

を具備することを特徴とする無線通信装置である。

[0032] 本発明は、広帯域での周波数切り替えを行なうマルチバンドOFDM\_\_UWB通信システムにおいて、受信信号を周波数変換して受信処理する無線通信装置に関するものであり、特に、ダイレクト・コンバージョン方式により受信信号の周波数変換を行なうものである。

[0033] ダイレクト・コンバージョン方式によれば、IFフィルタを用いないため受信機の広帯域化が容易となる。ところが、受信機の構成の柔軟性が増す一方、受信周波数とローカル周波数が等しくなるため、ローカル信号の自己ミキシングにより直流成分すなわちDCオフセットが発生するという問題がある。とりわけ、マルチバンドOFDM通信システムでは、1シンボル毎に周波数ホッピングが行なわれるため、極めて短い周波数切り替え時間の間にDCオフセットを検出して除去することは困難である。

[0034] DCオフセットを除去するには、一般に、受信信号にローカル周波数を乗算するミキサの出力に1次のハイパス・フィルタを挿入する方法が行なわれる。しかし、ステップ電圧が印加されるとキャパシタは周波数ホッピングの度に充放電を繰り返すことから、ステップ応答を伴い厄介である。

- [0035] そこで、本発明に係る無線通信装置では、周波数ホッピングする各周波数帯に対応したキャパシタを並列的に配置して1次のハイパス・フィルタを構成することにした。そして、周波数ホッピングに同期しながらキャパシタの切り換えを行ないながら、周波数変換後の受信信号に含まれるDCオフセットを除去するようにした。
- [0036] 例えば、ホッピングするバンド#1、#2、…毎にキャパシタ#1、#2、…が用意されている。そして、バンド#1から他のバンド#2に周波数ホッピングする直前でキャパシタ#1が電荷を保持しておいて、再びバンド#1にホッピングしたときに、キャパシタ#1でステップ応答を継続させることができる。このように周波数ホッピングに対応したキャパシタの切り換え動作を繰り返すうちに、キャパシタ#1の充放電はなくなって定常状態に落ち着く。すなわち、ホッピングする周波数帯毎にDCオフセットの除去処理が独立して行なわれるので、ある周波数帯で生じるステップ応答の過渡現象が、周波数ホッピングした次の周波数帯に影響を及ぼすことがなくなる。
- [0037] 従来は、遮断周波数を小さくすると、応答収束時間が長くなり、1シンボル内でDCオフセットがゼロに収まらず、次のシンボルに影響してしまう。これに対し、本発明によれば、ハイパス・フィルタの遮断周波数をサブキャリア周波数以下に設定することができる。
- [0038] なお、キャパシタの接続切り替えを行なう際に、同時に2以上のキャパシタが並列接続されると、容量に応じて各キャパシタに電荷が配分されてしまう。このような場合、DCオフセットの影響が他の周波数帯に現れてしまい、ステップ応答時間を短くするという効果を十分に得られなくなる可能性がある。そこで、前記ハイパス・フィルタ部は、周波数ホッピングに同期しながら、同時に2以上のキャパシタが並列接続されることのないように、キャパシタの接続を切り替える際に時間差を設けることが、より好ましい。
- [0039] また、並列に配置したキャパシタの択一的な接続切り替えを行なう場合、各キャパシタの一端に接続切り換え用のスイッチを設け、もう片端を常に共通接続するという構成が考えられる。この場合、共通接続された片端において回路の寄生容量が多く付くことが懸念される。そこで、前記の各キャパシタが切り離されたときの寄生容量を除去する寄生容量除去部を備えるようにすることが、より好ましい。
- [0040] 例えば、選択されていないときにキャパシタの両端を切り離すスイッチと、切り離され



たキャパシタの片端を接地するスイッチにより、寄生容量除去部を構成することができる。

### 発明の効果

- [0041] 本発明によれば、広帯域での周波数切り替えを行なうマルチバンドOFDM\_UWB信号を周波数変換して好適に受信処理することができる、優れた無線通信装置を提供することができる。
- [0042] また、本発明によれば、マルチバンドOFDM\_UWB通信方式において、受信信号をダイレクト・コンバージョン方式で周波数変換する際における自己ミキシングによるDCオフセットの問題を解消することができる、優れた無線通信装置を提供することができる。
- [0043] 本発明に係る無線通信装置では、周波数ホッピングする各周波数帯に対応したキャパシタを並列的に配置して1次のハイパス・フィルタを構成し、周波数ホッピングに同期しながらキャパシタの接続切り替えを行なうことで、周波数変換後の受信信号に含まれるDCオフセットを除去するようにした。ホッピングする周波数帯毎にDCオフセットの除去処理が独立して行なわれるので、ハイパス・フィルタの遮断周波数をサブキャリア周波数以下に設定することができる。
- [0044] 本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施形態や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

### 図面の簡単な説明

- [0045] [図1]周波数ホッピングする各周波数帯に対応したキャパシタを並列的に配置することで構成されたハイパス・フィルタを示した図である。
- [図2]バンド#1の入力電圧と出力電圧の関係を示した図である。
- [図3]図1に示した回路構成の変形例を示した図である。
- [図4]図1に示した回路に寄生容量除去部を追加した回路構成例を示した図である。
- [図5]本発明の一実施形態に係るマルチバンドOFDM\_UWB受信機の構成を示している。
- [図6]周波数ホッピング・コントローラによるマルチバンド・ローカル発振器の周波数ホッピング及びキャパシタ#C1～C#3の切り換え動作例を示したタイミングチャートで

ある。

[図7]マルチバンドOFDM\_\_UWB通信方式において規定されている周波数割り当て例を示した図である。

[図8]マルチバンドOFDMシステムに用いられるダイレクト・コンバージョン方式受信機の構成例を示した図である。

[図9]ローカル信号の自己ミキシングを説明するための図である。

[図10]自己ミキシングによって生じるDCオフセットを説明するための図である。

[図11]1次の杯パス・フィルタの構成例を示した図である。

[図12]ダイレクト・コンバージョン受信機において遮断周波数を4.125MHzとしたときの、DCオフセットのステップ応答の収束時間を説明するための図である。

[図13]Bluetooth通信におけるアクセス・コードの構成を示した図である。

発明を実施するための最良の形態

[0046] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳解する。

[0047] 本発明は、広帯域での周波数切り替えを行なうマルチバンドOFDM\_\_UWB通信システムにおいて、受信信号を周波数変換して受信処理する無線通信装置に関するものであり、特に、ダイレクト・コンバージョン方式により受信信号の周波数変換を行なうものである。

[0048] ダイレクト・コンバージョン方式を採用することにより、IFフィルタを用いないため受信機の広帯域化が容易となり、受信機の構成の柔軟性が増す。しかしながら、受信周波数とローカル周波数が等しくなるため、ローカル信号の自己ミキシングにより直流成分すなわちDCオフセットが発生するという問題がある。とりわけ、マルチバンドOFDM通信システムでは、1シンボル毎に周波数ホッピングが行なわれ、極めて短い周波数切り替え時間の間にDCオフセットを検出して除去することは困難である。

[0049] DCオフセットを除去するには、一般に、受信信号にローカル周波数を乗算するミキサの出力に、図11に示したような1次のハイパス・フィルタ(HPF)を挿入する方法が行なわれる。しかしながら、図10に示したようなステップ電圧が印加されるとき、キャパシタは周波数ホッピングの度に充放電を繰り返すことから、図12に示したようなステップ応答になる。

- [0050] ここで、本発明者らは、あるバンド#1から他のバンド#2に周波数ホッピングする直前でキャパシタが電荷を保持しておいて、再びバンド#1にホッピングしたときに、キャパシタでステップ応答を継続させることが可能であれば、キャパシタの充放電はなくなって定常状態に落ち着くはずであると思料する。すなわち、ホッピングする周波数帯毎にDCオフセットの除去処理が独立して行なうようにする。
- [0051] このような処理を実現するために、受信信号をローカル信号と乗算する周波数変換部の後に挿入する1次のハイパス・フィルタを、図1に示すように、周波数ホッピングする各周波数帯に対応したキャパシタを並列的に配置することで構成し、周波数ホッピングに同期しながらキャパシタの切り替えを行なうようにする。図示の例では、ホッピングするバンド#1、#2、#3毎にキャパシタ#1、#2、#3が用意されている。
- [0052] 個々のキャパシタは、周波数ホッピングの度に充放電を繰り返して、それぞれステップ応答を生じる。周波数ホッピングに同期したキャパシタの切り換え動作を行なうと、バンド#1から他のバンド#2に周波数ホッピングする直前でキャパシタ#1が電荷を保持しておき、再びバンド#1にホッピングしたときに、キャパシタ#1でステップ応答を継続させることができる。そして、周波数ホッピングに対応したキャパシタの切り換え動作を繰り返すうちに、キャパシタ#1の充放電はなくなり、やがて定常状態に落ち着く。すなわち、ホッピングする周波数帯毎にDCオフセットの除去処理が独立して行なわれるので、ある周波数帯で生じるステップ応答の過渡現象が、周波数ホッピングした次の周波数帯に影響を及ぼすことがなくなる。
- [0053] 図7では、マルチバンドOFDM\_UWB通信方式において、mandatoryとされているグループ1がバンド#1～#3からなることを示した。すなわち、バンド#1と、バンド#2、バンド#3の間で周波数ホッピングを行なうので、図1に示したハイパス・フィルタは以下のような3状態の切り換えとなる。
- [0054] (1) バンド#1のときはSW#1をオン、SW#2とSW#3はオフにしてキャパシタ#1だけを接続する。
- (2) バンド#2のときはSW#2をオン、SW#1とSW#3はオフにしてキャパシタ#2だけを接続する。
- (3) バンド#3のときはSW#3をオン、SW#1とSW#2はオフにしてキャパシタ#3

だけを接続する。

- [0055] 図2には、バンド#1の入力電圧と出力電圧の関係を示している。但し、横軸を周波数ホッピングの周期を基準として時間を表している。キャパシタ#1はあらかじめ放電しており、周波数ホッピング周期 $t_0$ で初めてSW#1がオンになるものとする。
- [0056] SW#1をオンした瞬間、キャパシタC#1は、あたかもショートされているように入力電圧がそのまま回路インピーダンスRに加わるが、すぐにRを通じてキャパシタC#1の右側電極にマイナス電荷が流入する。この結果、入力電圧と釣り合うだけのプラス電荷がキャパシタC#1の図中左側の電極に蓄積し、キャパシタC#1は充電されて出力電圧は低下する。
- [0057] 次の周波数ホッピングの周期 $t_1$ になると、SW#1はオフになる。このため、充電は中断されて、キャパシタC#1の電荷は移動することが出来ずに保持される。
- [0058] ホッピング周期 $t_3$ でバンド#1にホッピングすることに対応して、再びSW#1がオンする。これに応じて、キャパシタC#1に充電された電位だけ低い出力電圧から充電が再開し、さらに出力電圧は低下する。
- [0059] この充電動作は次のホッピング周期 $t_4$ で中断される。続いて、バンド#1にホッピングする $t_6$ で再開し、その次のホッピング周期 $t_7$ ではキャパシタC#1の充電が完了して出力電圧はゼロの定常状態になり、それ以降は変化しなくなる。
- [0060] このように中断を繰り返しながら過渡現象が継続するので、ハイパス・フィルタの遮断周波数をサブキャリア周波数よりも低く設定した場合であっても、ステップ応答は周波数ホッピングの何周期か後には収束して定常状態になる。したがって、周波数ホッピング毎のステップ応答の問題(前述)は生じなくなる。
- [0061] なお、図1に示したハイパス・フィルタ構成において、並列に配置された各キャパシタと、それぞれの接続切り替えを行なうスイッチとの前後関係を逆にすることも可能である。図3にはこの場合の回路構成例を示している。
- [0062] ここで、図1及び図3に示したいずれの回路構成の場合も、並列に配置された各キャパシタの一端に接続切り換え用のスイッチを設け、もう片端が常に共通接続されている。このような場合、共通接続された片端において回路の寄生容量が多く付くことが懸念される。そこで、各キャパシタが切り離されたときの寄生容量を除去する寄生

容量除去部を備えるようにすることが、より好ましい。

- [0063] 例えば、選択されていないときにキャパシタの両端を切り離すスイッチと、切り離されたキャパシタの片端を接地するスイッチにより、寄生容量除去部を構成することができる。
- [0064] 図4には、寄生容量除去部を追加した場合のハイパス・フィルタの回路構成例を示している。同図に示す例では、キャパシタC # 1が接続されている状態を表していて、SW # 1aとSW # 1cが同時にオンで、SW # 1bはオフしている。また、キャパシタC # 1を切り離すときは、SW # 1aとSW # 1cを同時にオフにして、SW # 1bをオンにする。このように、いずれのキャパシタC # 1～C # 3の場合も、a及びcのスイッチとbのスイッチは排他的に動作する。
- [0065] 図5には、本発明の一実施形態に係るマルチバンドOFDM\_\_UWB受信機の構成を示している。図示の受信機は、周波数をダウンコンバートした後のハイパス・フィルタとして、図1に示したキャパシタ切り換え機構付きの回路が採用されている。図示の受信機は、受信信号の周波数変換にダイレクト・コンバージョン構成が採られている。
- [0066] RF信号の中心周波数と同一周波数のローカル(LO)信号 $\cos(2\pi f_c)$ 及び $\sin(2\pi f_c)$ がI軸及びQ軸の各受信信号の周波数変換に用いられている。例えば図7に示すグループ1の帯域を使用する場合、マルチバンド受信機としては、RF信号の中心周波数と同一周波数である3432MHz、3960MHz、4488MHzの3つの周波数がローカル信号として必要になる。
- [0067] マルチバンド・ローカル発振器は、これら複数の周波数信号を生成する。マルチバンドOFDM\_\_UWBシステムではチャンネルの切り替え幅が大きいことから、単一のPLLでは広帯域での周波数切り替えを行なうことができない。このことから、マルチバンド・ローカル発振器は、基準となる単一の周波数から分周と周波数演算を利用して、マルチバンド・システムにおける各バンドの中心周波数を正確に得る構成が好ましいと思料される。このような周波数合成装置については、例えば本出願人に既に譲渡されている特願2004-251006号の明細書に開示されている。
- [0068] 周波数ホッピング・コントローラは、マルチバンド・ローカル発振器における周波数ホッピング動作を制御する。そして、ダウンコンバージョン・ミキサは、マルチバンド・ロー

カル発振器から出力されるローカル信号とI軸及びQ軸の各受信信号とをそれぞれ乗算し、周波数変換を行なう。

- [0069] このようなダイレクト・コンバージョン方式によるダウンコンバージョンでは、ローカル信号の自己ミキシングによりDCオフセットが発生する。本実施形態では、ダウンコンバージョン・ミキサの後段には、I軸及びQ軸のそれぞれに、周波数ホッピングする各バンド#1～#3に対応したキャパシタC#1～C#3及びこれらキャパシタの接続切り換えを行なうスイッチSW#1～SW#3を並列的に配置して構成される1次のハイパス・フィルタが設けられている。
- [0070] 周波数ホッピング・コントローラは、周波数ホッピング、すなわちマルチバンド・ローカル発振器におけるローカル周波数の切り換え動作と同期しながら、スイッチSW#1～SW#3の切り換え動作を行ない、周波数ホッピングに同期してキャパシタC#1～C#3を交互に接続するようにする。
- [0071] バンド#1から他のバンド#2に周波数ホッピングする直前でキャパシタ#1が電荷を保持しておいて、再びバンド#1にホッピングしたときに、キャパシタ#1でステップ応答を継続させることができる。このように周波数ホッピングに対応したキャパシタの切り換え動作を繰り返すうちに、キャパシタ#1の充放電はなくなって定常状態に落ち着く。他のキャパシタC#2及びC#3においても同様である。すなわち、ホッピングする周波数帯毎にDCオフセットの除去処理が独立して行なわれるので、ある周波数帯で生じるステップ応答の過渡現象が、周波数ホッピングした次の周波数帯に影響を及ぼすことがなくなる。
- [0072] なお、図5では省略しているが、各キャパシタC#1～C#3に図4で示したような寄生容量除去部を配設してもよい。
- [0073] このように、周波数変換しさらにDCオフセットを除去した後の受信信号は、ローパス・フィルタにより低域を取り出し、VGAにより増幅し、AD変換してさらにFFTにより時間軸の信号を周波数軸の信号に変換し各キャリアについて復調を行ない、元のシリアル信号で送られた情報を再生する。
- [0074] なお、キャパシタ#C1～C#3の接続切り替えを行なう際に、同時に2以上のキャパシタが並列接続されると、容量に応じて各キャパシタに電荷が配分されてしまう。こ

のような場合、DCオフセットの影響が他の周波数帯に現れてしまい、ステップ応答時間を短くするという効果を十分に得られなくなる可能性がある。そこで、周波数ホッピング・コントローラは、マルチバンド・ローカル発振器の周波数ホッピングに同期しながら、同時に2以上のキャパシタが並列接続されることのないように、キャパシタの接続を切り替える際に時間差  $\Delta t$  を設けるようにする。図6には、周波数ホッピング・コントローラによるマルチバンド・ローカル発振器の周波数ホッピング及びキャパシタ # C1 ~ C # 3 の切り換え動作例を示している。

### 産業上の利用可能性

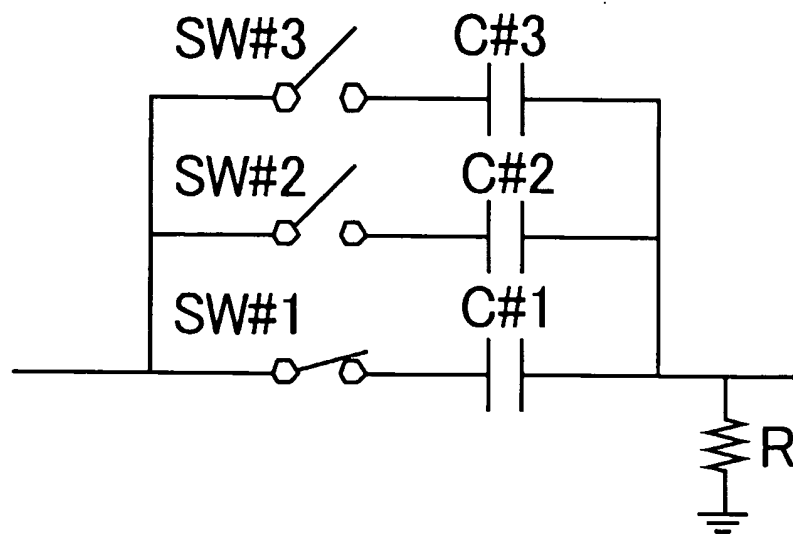
- [0075] 以上、特定の実施形態を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施形態の修正や代用を成し得ることは自明である。すなわち、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、本明細書の記載内容を限定的に解釈するべきではない。本発明の要旨を判断するためには、特許請求の範囲の記載を参酌すべきである。

### 請求の範囲

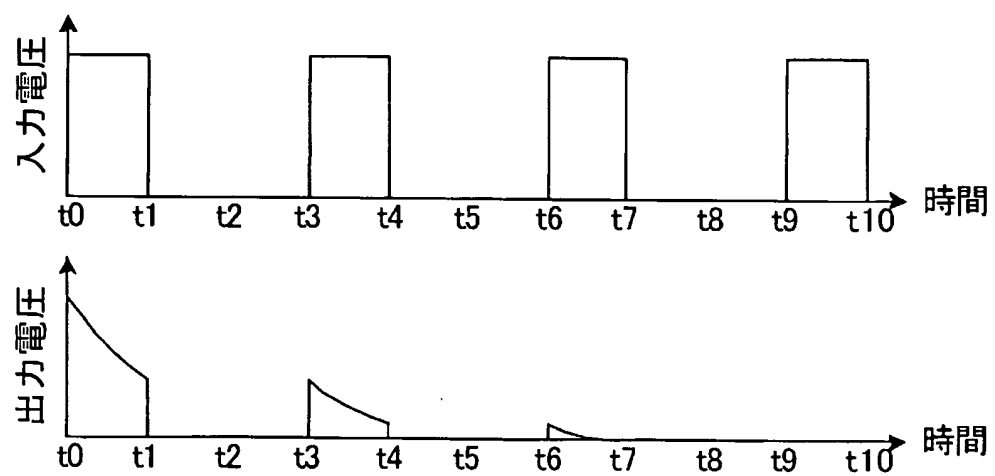
- [1] 複数の周波数帯を周波数ホッピングする通信信号を受信する無線通信装置であつて、  
受信した通信信号にホッピング周波数からなるローカル信号を乗算して周波数変換する周波数変換部と、  
周波数ホッピングする各周波数帯に対応したキャパシタを並列的に配置し、周波数ホッピングに同期しながらキャパシタの接続切り替えを行なうハイパス・フィルタ部と、  
前記ハイパス・フィルタ部を透過した後の受信信号を受信処理する受信処理部と、  
を具備することを特徴とする無線通信装置。
- [2] 前記通信信号は、広い周波数帯域に送信情報を載せたウルトラワイドバンド信号である、  
ことを特徴とする請求項1に記載の無線通信装置。
- [3] 前記通信信号は、複数のデータを各キャリアに割り当ててキャリア毎に振幅及び位相の変調を行ない、周波数軸での各キャリアの直交性を保持したまま時間軸の信号に変換したOFDM信号であり、  
前記受信処理部ではOFDM復調を行なう、  
ことを特徴とする請求項1に記載の無線通信装置。
- [4] 前記ハイパス・フィルタ部は、周波数ホッピングに同期しながら、同時に2以上のキャパシタが並列接続されることのないように、キャパシタの接続を切り替える際に時間差を設ける、  
ことを特徴とする請求項1に記載の無線通信装置。
- [5] 前記ハイパス・フィルタ部は、前記の各キャパシタが切り離されたときの寄生容量を除去する寄生容量除去部を備える、  
ことを特徴とする請求項1に記載の無線通信装置。



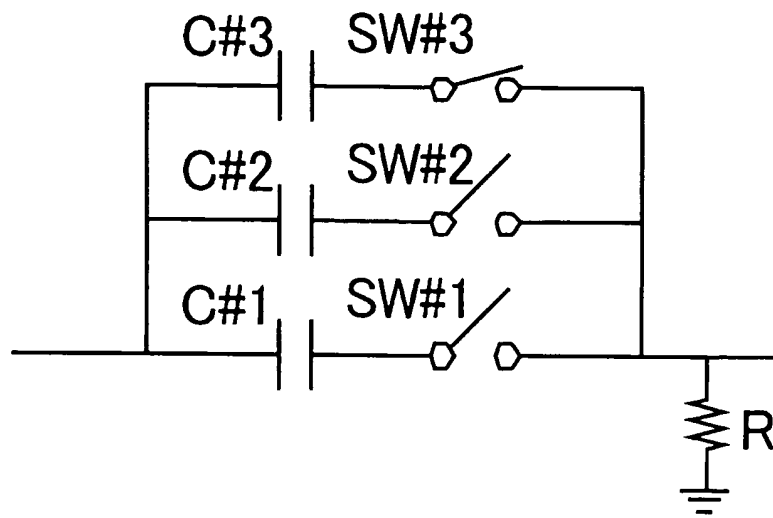
[図1]



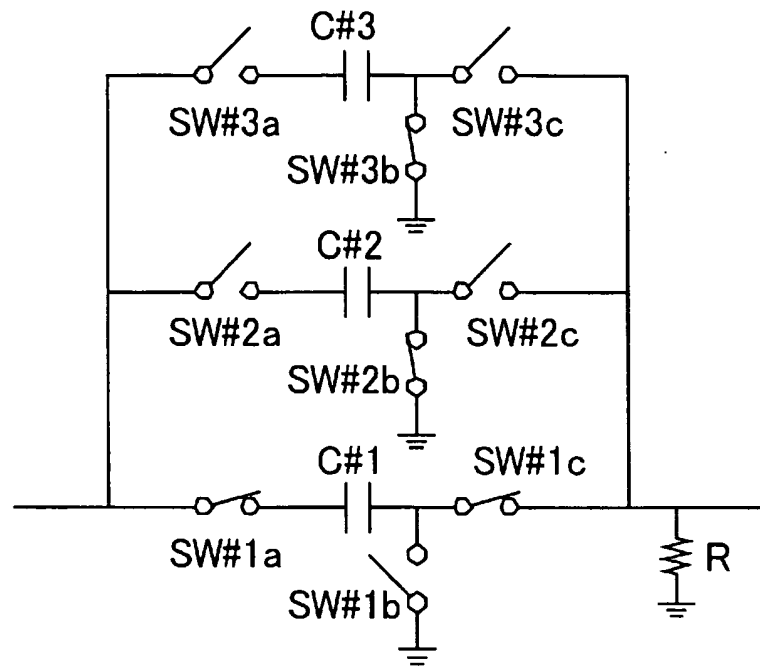
[図2]



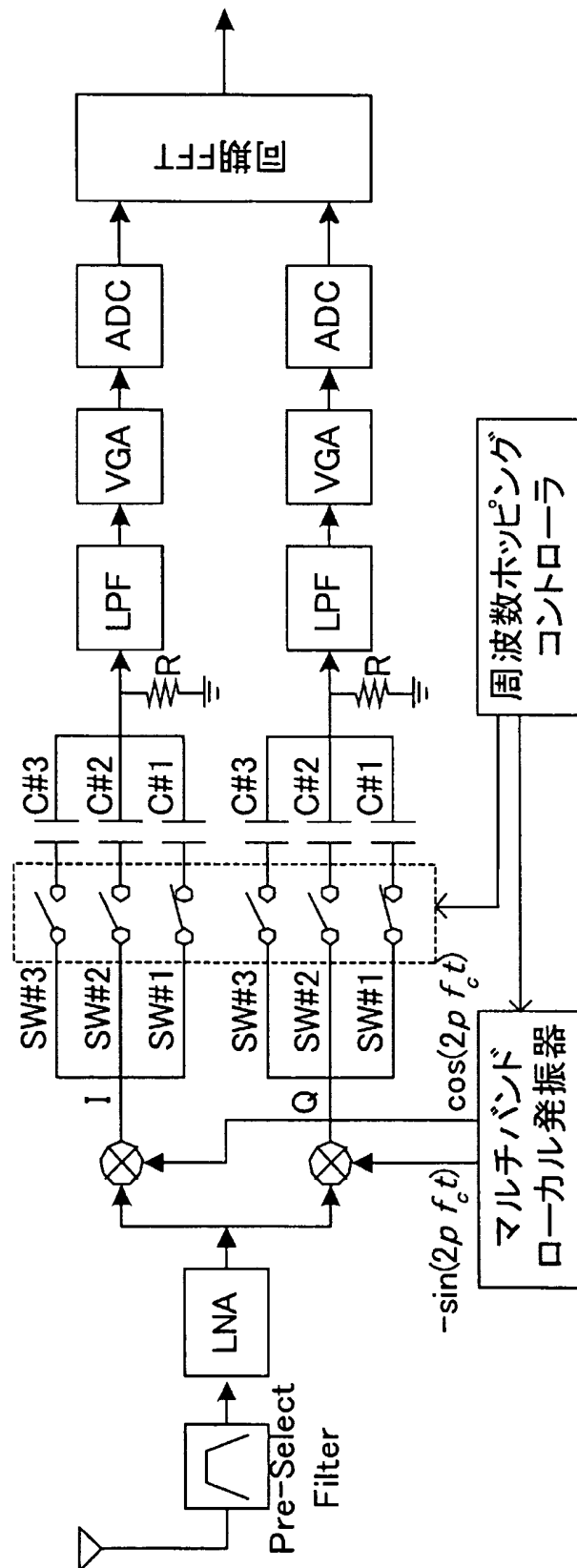
[図3]



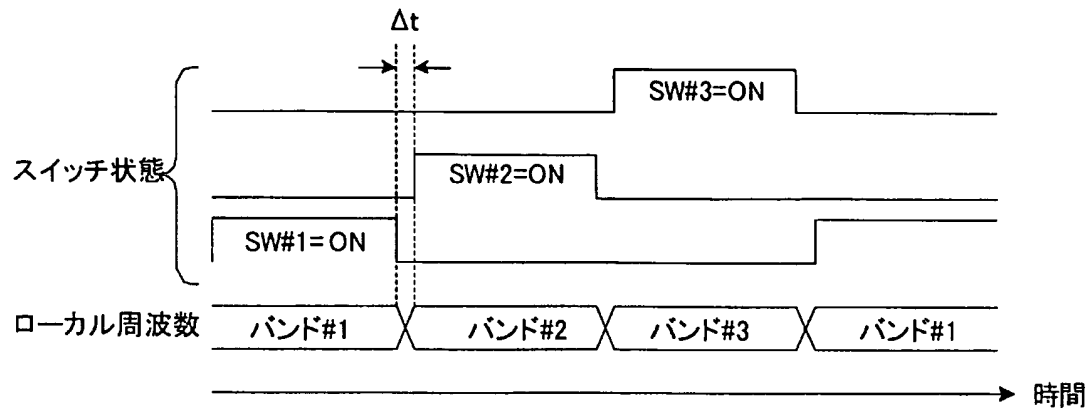
[図4]



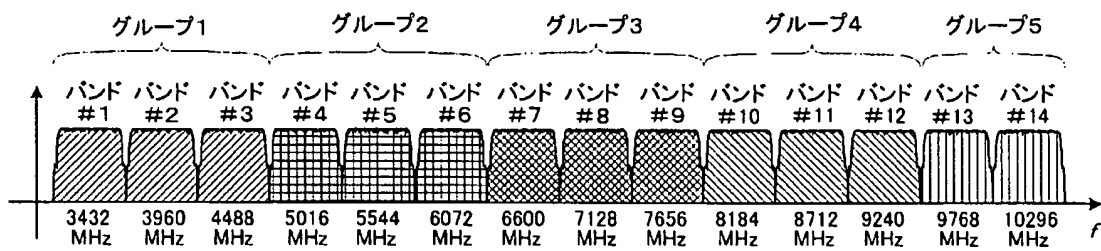
[図5]



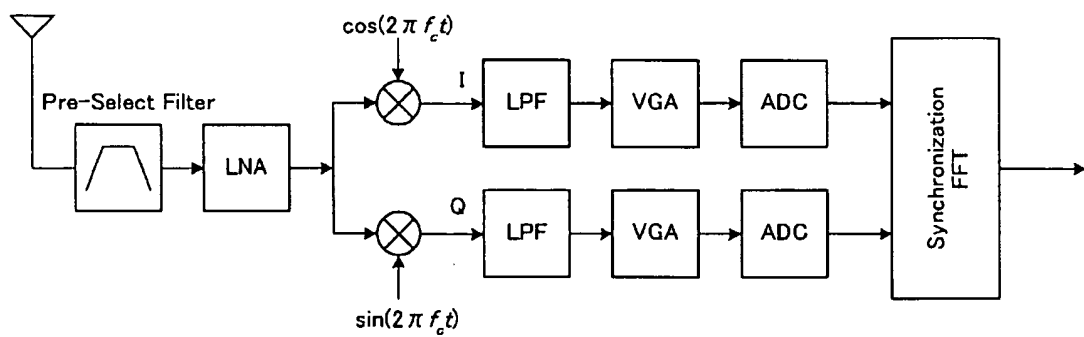
[図6]



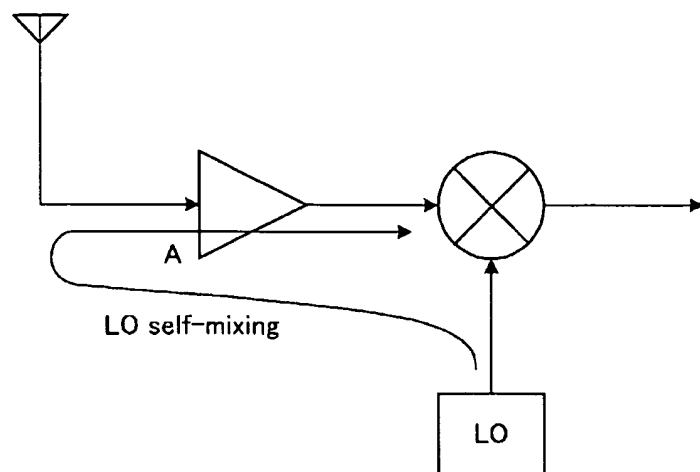
[図7]



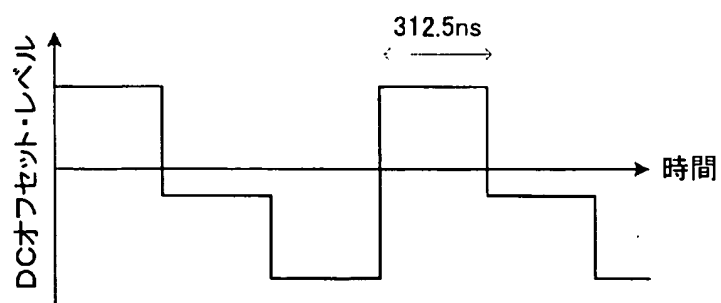
[図8]



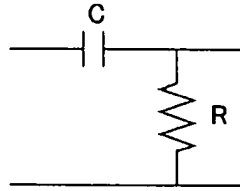
[図9]



[図10]



[図11]







[図13]

